

39. *Mezősi Gábor – Farsang Andrea – Cser Viktória – Barta Károly – Erdei László*

Talajtani adottságok szerepe a fitoremediáció folyamatában

Bevezetés

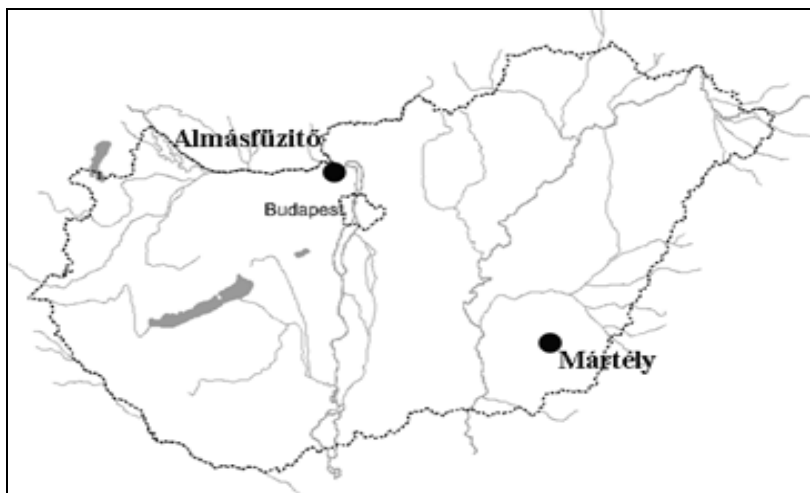
A környezet; a talaj, a víz és a levegő szennyeződésének növekedése elsősorban az egyre intenzívebbé váló ipari termelés, közlekedés és energiatermelés következménye. A talaj szennyezettségének csökkentésére alkalmas új és ígéretes módszer a fitoremediáció; azaz olyan eljárások sorozata, melyek során a növényekkel (és társult mikrobákkal) csökkentik a talaj környezetszennyező anyagait, illetve azok transzportját egy elfogadható kockázati szintre hozzák.

Kutatásunk célja, több konzorciumi taggal együttműködve (SZTE Növényélettani Tanszék, Bay Zoltán Biotechnológiai Intézet, MTA SZBK Növénybiológiai Intézet, Aquadukt Kft, Hologén Kft.), hogy a természetes (folyók fenékkotrásából származó iszap); valamint antropogén, kommunális iszapokat, szennyezett földszerű anyagokat egy fitoremediációs eljárásban vizsgáljuk és a megfelelő fitoremediációs technikák kiválasztásával csökkentjük azok szennyezettségét. Ennek keretén belül mi a talaj azon fizikai, kémiai paramétereinek monitorozásával foglalkozunk, melyek elsődleges fontosságúak a növények elemfelvehetősége szempontjából, így a fitoremediáció eredményességét pozitív és negatív irányban is módosíthatják.

A fitoremediációnak több fajtáját is megkülönböztetjük az eltávolítás mechanizmusa alapján. A **fitostabilizáció** során a szennyezőanyagot tűrő növényekből álló takaróréteg fizikai jelenlétével akadályozza meg a szennyezett talaj levegőbe jutását (csökkenti az eróziót és a deflációt), valamint felszíni és felszín alatti vizekbe való bejutását. A **fitodegradáció** esetében a növény maga, vagy gyökerének morfológiája segítségével elbontja, mineralizálja a biodegradálható vegyi anyagokat. A **rizotofitáció** lényege, hogy a növények gyökérzete és a gyökérzónában élő mikroorganizmusok együttműködve kötik meg, szűrik ki és bontják le a vízben található szennyezőanyagokat. Így ez elsősorban szennyvizek, csurgalékvizek kezelésére alkalmas módszer. A **fitoextrakció** folyamatában a növények a gyökérzetükön felveszik, majd valamely szövetükben felhalmozzák a szennyezőanyagokat. Ezután szükséges ezeknek a növényi részeknek az ellenőrzött betakarítása, feldolgozása (égetés, majd a hamu veszélyes hulladékként való kezelése, vagy újrahasznosítása „phytomining”). Ennek egyik speciálisabb formája az indukált fitoextrakció; melynek során a kelátképzők talajba juttatásával a fémeket könnyen felvehetővé teszi, mivel a fémek mobilitását megnöveli. Ezzel szemben a passzív fitoextrakciónál a gyorsan fejlődő nagy biomassza tömeget adó (pl. nyárfa, fűzfa hibridek) hiperakkumuláló fajokkal ültetjük be a szennyezett területet. A fent említett módszerek előnye a **kisebb költség** (megtakarítjuk a talaj kitermelési és elszállítási költségeit). Hátrányt jelent viszont a hosszú kezelési idő és a keletkező növényi anyag megfelelő feldolgozásának technikája.

A kutatásunk jelenlegi fázisában Almásfüzitő (antropogén iszap és egyéb szennyezett talajok) és Mártély (természetes eredetű kotrási iszap), mintaterületek fitoremediációs eljárás indítását megelőző, kiindulási állapotban van, annak vizsgálati eredményeit mutatja be.

A két terület eltérő jellege miatt a fitoremediáción belül eltérő technikákat választottunk. Mártély esetében a fitoextrakció és az indukált fitoextrakció, ezzel szemben almásfüzitői területen elsődlegesen a fitostabilizációs és passzív fitoextrakciós eljárás mellett döntöttünk.



1. ábra: A mintaterületek elhelyezkedése (saját szerkesztés)

1. A mintaterületek bemutatása talajtani szempontból

1.1. A mártélyi mintaterület

A mártélyi kutatási területünkön a fitoremediációs vizsgálatokra kiválasztott anyag a mártélyi Holt-Tisza revitalizációs kotrási munkálatai során visszamaradt kotrási iszap. Ennek egy része agyaggal bélelt, legalább 2 m mély zagykazettákban foglal helyet, másik része pedig külön kutatási célra kialakított, körülkerített mintaparcellákban. A talajtani mérő- és monitoring állomás kiépítésének elsődleges célja, hogy a különböző növényfajokkal beültetett mintaparcellák alatt követni tudjuk a talaj főbb jellemzőiben bekövetkező változásokat, különös tekintettel azokra, amelyek a növények nehézfémfelvételét befolyásolják. Másrészről a mérőállomás segítségével modellezni tudjuk a talajok vízháztartását és a nehézfémek elmozdulását, aktivitását. Az állomás elvi tervezését már 2005 elejére megvalósítottuk, és ennek függvényében 2005 első félévében beszereztük a szükséges műszerparkot, illetve 2005 nyarán a parcellák kiépítése is a telepítendő mérőállomás igényeinek megfelelően történt. A mérő- és monitoring állomás főbb elemei:

- A 30 cm-es iszaprétegben két különböző mélységben (10 és 25 cm) talajnedvesség mérése órás sűrűséggel mind a hat parcellán.
- Talajhőmérséklet mérése 10 cm-es mélységben mindegyik parcellán.
- Egy kísérleti parcellán pH-mérés 10 cm-es mélységben órás sűrűséggel (a mérés később kiterjeszthető a többi parcellára is).
- A parcellákon átszivárgó vizek összegyűjtése, mintázása és nehézfémtartalmának a meghatározása.
- Rendszeres talajvíz- és talajmintavétel a parcellák alól, illetve a parcellákról.

Az iszap talajtani paraméterei az alábbiakban összegezhetők: az iszap kémhatása semleges, pH (H₂O) 6,8-7,1 között változik. A savanyodási hajlam megállapítására

meghatároztuk a KCl-os pH-t is, de ennek értéke csekély mértékben tér el a vizes pH értékektől, így az iszap kémhatása savanyodásra nem hajlamos. A humusztartalom alacsony, 0,8-1,1% között változik. Az Arany-féle kötöttségi szám nagyon magas, 78-80, ami igen nagy agyagtartalmat, tehát nehéz agyag fizikai féleséget jelent.

1. táblázat: A mártélyi minták talajtani paraméterei

Minta	pH H ₂ O/KCl	Szárazanyag tartalom (%)	Fizikai féleség	Arany-féle kötöttség	Humusztartalom (%)
1.	6,9/6,9	41	Nehéz agyag	79	0,81
2.	6,8/6,8	38	Nehéz agyag	79	1,01
3.	6,9/6,8	39	Nehéz agyag	78	0,97
4.	7,1/7,0	45	Nehéz agyag	80	1,02
5.	7,0/6,9	42	Nehéz agyag	79	1,06
6.	6,8/6,8	42	Nehéz agyag	79	1,12
7.	6,8/6,8	37	Nehéz agyag	80	1,10

1.2. Az almásfüzitői mintaterület

A helyszín ismertetésekor az alábbi; a vizsgált anyag talajtani jellemzéséhez a következő, nélkülözhetetlen megállapításokat tehetjük:

- A vörösiszap-tárolót eredetileg folyómenti öntés területen alakították ki, 10-12 m-es rétegvastagsággal.
- Ezen a veszélyeshulladék-lerakón engedélyezett hulladékkezelés folyik – rekultivációs céllal.
- 1-1,5 m vastagságban földszerű anyag elhelyezése (szennyvíziszap, salak, olajjal szennyezett föld stb.), mely maga is szennyezett.
- A kihelyezett anyag minősége mozaikos, kazettáról kazettára változik.

2. táblázat: Az almásfüzitői minták jellege

Minta száma	Minta jellege (átlag minta)
1.	Vörös iszap (0-20 cm)
2.	7. sz. prizma anyaga, PAH-hal és nehézfémekkel szennyezett
3.	19. sz. prizma anyaga, nehézfémekkel átlagosan szennyezett
4.	7. sz. tározó kazetta, már rekultivált, füvesített terület feltalaja
5.	6. sz. tározó kazetta, fedőréteg szerves ipari hulladék tartalmú, salak, pernye, szennyvíziszap keverék
6.	A Duna kotrási iszapja a fedőréteg (0-30 cm)
7.	6. sz. zagykazetta, szerves hulladék, szennyvíz iszap, papíripari hulladék kihelyezés (0-30 cm átlagminta)

A rekultivációs fedőréteg, földszerű anyag inhomogenitása a vizsgált talajtani paraméterek tekintetében is szembeűnő. A talaj kémhatása a semlegestől az erősen lúgosig változik. A vizes és KCl-os pH közti különbség általában csekély, nem jellemző a fedőréteg talajosodott anyagának savanyodási hajlama. A rekultivációs réteg anyagának Arany-féle kötöttsége alacsony, többnyire homok, homokos vályog fizikai féleségű. A humusztartalom a különböző eredetű rekultivációs anyagoknak megfelelően

változékony, 0,2-4,9% között változik. A CaCO_3 -tartalom minden mintavételi helyen a természetes talajokhoz képest magas.

3. táblázat: Az almásfüzitői minták talajtani paramétereit

Minta	pH $\text{H}_2\text{O}/\text{KCl}$	Leiszapolt rész (%)	Fizikai féleség	CaCO_3 (%)	Humusztartalom (%)
1.	9,2/8,9	-	-	20,3	-
2.	7,6/7,6	24	homok	9,4	3,5
3.	7,6/7,5	18	homok	6,1	2,5
4.	8,3/8,1	25	homokos vályog	28,5	4,9
5.	7,7/7,5	28	vályog	14,6	2,8
6.	8,4/7,8	38	vályog	17,3	1,7
7.	8,1/7,9	45	vályog	26,4	0,2

2. A vizsgált területek talajának, földszerű anyagának beavatkozás előtti nehézfém-koncentrációja a határértékekkel összevetve

A nem hiperakkumuláló növények fitoremediációs célú alkalmazása esetén a fitoremediáció sikere fokozottan függ a környezeti tényezőktől, így a hőmérséklet és időjárási viszonyoktól, valamint a talajtulajdonságoktól.

2.1. Mártély

A szikkasztott kotrási iszap átlagmintáiban az egyes nehézfém-koncentrációkat vizsgálva és a hatályos (10/2000) határértékekkel összevetve megállapítható, hogy a Cr, a Ni és a Zn határértéket meghaladó koncentrációban van jelen. A Cu, Pb és Cd koncentráció határérték alatti, illetve azt egyes pontokban kis mértékben meghaladó. A Kádár I. (1998) által a felvehető hányadra vonatkozó ún. ideiglenes határértékekkel is összehasonlítottuk a mért elemtartalmakat. Ebben az esetben a Cr, Pb és a Zn esetében tapasztaltunk határérték túllépést. A mártélyi mintaterületünk jó példa lehet a kismértékű nehézfém-szennyeződés elleni fitoextrakciós és a kelátképzőkkel elősegített indukált fitoextrakciós eljárások kidolgozására.

4. táblázat: A mártélyi minták nehézfém-tartalma összehasonlítva a hatályban lévő határértékekkel

Elem	Nhézfém- koncentráció (királyvizes feltárás, ppm)	Határérték (10/2000. Köm-Eüm- FVM-KHVM e. r.) (királyvizes feltárás, ppm)	Nhézfém- koncentráció (EDTA, ppm)	Ideiglenes határérték (Kádár 1998) (EDTA, ppm)
Cr	162,1-192,1	75	6-7,45	3
Cu	61,4-75,6	75	26,6-33,1	40
Fe	5099-6275	-	538,6-550,2	-
Mn	950-1189	-	382,8-397,9	-
Ni	51,9-61	40	3,26-4,05	20
Cd	0,536-1,766	1	0,443-0,795	-
Pb	87,25-105,1	100	41,7-50,5	25
Zn	243,3-283,2	200	38,4-44,02	20

2.2. Almásfüzitő

A rekultivációs fedőréteg talajosodott anyagában a nehézfém-koncentrációt vizsgálva a talajtani tulajdonságokhoz hasonlóan az eredettől függő mozaikosságot, s a mért értékek nagymértékű szóródását tapasztaltuk. Minden vizsgált fém esetében tapasztaltuk a tiszta talajra vonatkozó határértékek túllépését. Tekintettel a nagy területre és a magas fémkoncentrációkra, ezen a területen a fitoremediációs eljárásokon belül a fitostabilizációs és a passzív fitoextrakciós eljárás alkalmazása tűnik eredményesnek, s megfelelő kutatási területnek. A különböző helyekről származó minták nehézfém-koncentrációjában – azok eredetétől függően – igen nagy különbségek mutathatók ki. Alacsony értékeivel tűnik ki a 4-es minta (már rekultivált, füves terület talaja). Szinte minden vizsgált komponens esetében igen nagy szennyezettséget mutat a 2-es és 3-as minta, valamint Ni és Zn esetében az 5-ös és 6-os minta. A felvehető hányad vizsgálata során kiemelendő, hogy a Cd a természetes talajokhoz képest igen nagy arányban felvehető formában van jelen mintáinkban. Ezzel ellentétes képet a Co mutat, mert szinte minden mintában az összes Co-tartalomhoz képest igen alacsony a felvehető elemhányad.

5.táblázat: Az almásfüzitői minták nehézfém-tartalma összehasonlítva a hatályban lévő határértékekkel

Elem	Nhézfém-koncentráció (királyvizes feltárás, ppm)	Határérték (10/2000. Köm-Eüm-FVM-KHVM e. r.) (királyvizes feltárás, ppm)	Nhézfém-koncentráció (EDTA, ppm)	Ideiglenes határérték (Kádár 1998) (EDTA, ppm)
Cr	40-792	75	<4-29	3
Cu	17-410	75	2,4-111,6	40
Co	18-108	30	2,9-5,8	10
Ni	28-421	40	5,2-103	20
Cd	2,4-9,9	1	0,6-5,7	-
Pb	24-236	100	6,9-141	25
Zn	37-285	200	3,6-74	20

3. A fitoremediáció eredményességét befolyásoló talajtani paraméterek a vizsgált területeken

3.1. Mártély

A vizsgált területre jellemző nehéz agyag talaj magas holtvíz tartalommal rendelkezik. Ezen talajtulajdonság az optimális növényi tápanyag felvétel akadályozása révén negatív hatással van a fitoremediáció sikerére.

A talaj semleges körüli pH-ja nem befolyásolja a talajoldatban felvehető formában levő nehézfém-koncentrációt.

A nehézfémek adszorpciós képességét befolyásolja a talajkolloidok mennyisége (nagy fajlagos felület) és minősége (liotróp sor). A különböző minőségű ásványi és szerves kolloidok más-más T-értékkel (kation megkötő képességgel) rendelkeznek. A kutatás második szakaszában tehát a részletes T-érték és kolloidminőség meghatározással egészítjük ki eddigi eredményeinket.

3.2. Almásfüzitő

A mintaterületen, a tervezett fitostabilizáció érdekében a talajparaméterek vizsgálatakor azon tulajdonságok tekinthetők előnyösnek, melyek csökkentik az elem mobilizációt, az elem felvételt. A vizsgált rekultivációs anyag fizikai félesége homok – homokos vályog, azaz a talaj ásványi kolloid tartalma alacsony, kevés az adszorpciós felület, mely a nehézfém megkötésében szerepet játszhatna.

A földszerű anyag gyengén lúgos, lúgos pH-ja csökkenti a már adszorbeálódott nehézfémek növény általi felvehetőségét, ezen kémhatás viszonyok a tervezett fitostabilizációt tekintve kedvezők.

Összegzés

Kutatásunk célja, hogy szemléletes képet adjon egy fitoremediációs vizsgálatunkról, valamint rámutasson a talajtani adottságok monitorozásának fontosságára az optimális eljárás kiválasztására. A talaj minőségi vizsgálatából következtetéseket tudunk levonni a növényi transzporttal és elemfelvehetőséggel kapcsolatban, ezáltal a limitáló talajtani tényezők – melyek pozitív és negatív irányban is hathatnak – feltárása lehetőséget ad a fitoremediációs eljárás sikerességének előzetes becslésére.

A mártélyi mintaterületünk alkalmas a kismértékű nehézfém-szennyeződés elleni fitoextrakciós eljárások kidolgozására, de mellette céljainknak megfelelően egy olyan területet is kiválasztottunk, amelyen az igen erős szennyezettség miatt csakis fitostabilizációs eljárások jöhetnek szóba. Ezért esett a választásunk az almásfüzitői vörösiszap-tárolóra, ahol nem csupán a vörösiszap ártalmatlanítása, hanem a befedésére használt földszerű ipari hulladékok problematikája is komoly szakmai kihívás.

Szakirodalmi hivatkozások

- BARTA K. – ERDEI L. – MEZŐSI G. – BULIK L. – FARSANG A. – BARTHA B. (2005): Ártéri területek szennyezéseinek kezelése fitoremediációval. International Symp. „Aquadepol”. 2005. június 23-24. Galati, Románia
- KÁDÁR I. (1998): A szennyezett talajok vizsgálatáról. Környezetvédelmi kézikönyv 2. pp. 21-27, 104-108.
- ERDEI, L. – MEZŐSI, G. – MÉCS, I. – VASS, I. – FÖGLEIN, F. – BULIK, L. (2005): Phytoremediation as a program for decontamination of heavy-metal polluted environment. Acta Biol. Szegediensis Vol. 49. 1-2. pp. 77-79.
- SALAMON L. (2005): A szennyezett talajok vizsgálatáról. Környezetvédelem XIII. évf. 4. sz. pp. 24 -25.
- VASHEGYI, Á. – MEZŐSI, G. – BARTA, K. – FARSANG, A. – DORMÁNY, G. – BARTHA, B. – PATAKI, SZ. – ERDEI, L. (2005): Phytoremediation of heavy metal pollution: A case study. Acta Biol. Szegediensis Vol. 49. 1-2.
- 10/2000. (VI.2.) KÖM – EÜM – KHVM együttes rendelet